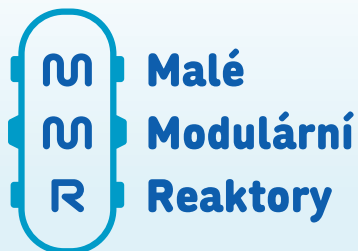


Malé modulární reaktory ve Skupině ÚJV



Co jsou malé modulární reaktory?

Malé modulární reaktory (SMR – Small Modular Reactors) jsou moderní projekty jaderných reaktorů, které se od současných velkých jaderných bloků liší výrazně menší zastavěnou plochou a nižším výkonem. Hitem současných diskusí o směřování energetiky jsou projekty s výkonem do 300 MWe, do nichž se vkládají naděje na výrobu levné bezemisní energie a snížení investičních rizik.

Důležitým aspektem projektů SMR je jejich modularita. Velké jaderné elektrárny se obvykle staví na základě typizovaného projektu, který je však pod-

66 Důležitým aspektem projektů SMR je jejich modularita.

statným způsobem upraven pro každou jednotlivou realizaci. Koncept SMR naopak počítá s co nejvyšší

standardizací projektu a možností sériové tovární výroby. Jednotlivé moduly elektrárny jsou projektovány s ohledem na nutnou přepravu a manipulaci a a snadnou instalaci v místě realizace. Tím odpadá zdlouhavá a náročná část výstavby na místě a zároveň se minimalizuje riziko možných průtahů.

Projekty malých modulárních reaktorů též vynikají vysokou mírou pasivní jaderné bezpečností, založenou na fungování fyzikálních principů jako je gravitace nebo rozdíl teplot. Praktické vyloučení nebezpečí těžké havárie s poškozením paliva by mohlo umožnit výstavbu takových reaktorů i v zalidněných oblastech. Výhodou technologie SMR je i možnost sestavování modulů do jednotek vyššího instalovaného výkonu podle potřeby v místě a čase.

Malé modulární reaktory mají vysoký potenciál být v relativně blízké budoucnosti vhodnou lokální náhradou fosilních zdrojů pro výrobu elektřiny i tepla. Revoluční využití může přinést hlavně jejich zapojení do decentralizované výroby elektřiny a tepla nebo využití k ekologické produkci vodíku a dalším aplikacím v závislosti na jejich umístění.

Malé modulární reaktory ve Skupině ÚJV

Skupina ÚJV se do aktivit v oblasti malých modulárních reaktorů zapojuje už přes deset let. Kromě účasti na mezinárodních projektech aktuálně pracuje na třech vlastních SMR prototypch. Řež, kde byl v roce 1957 spuštěn první československý jaderný reaktor se díky tomu stává významným technologickým SMR parkem v kontextu ČR i Evropy. Naše prototypy mají potenciál vytvořit obchodní příležitosti s vysokou přidanou hodnotou pro český průmysl a podpořit udržení a rozvoj národních jaderných kompetencí.

Soustředění vývojových aktivit SMR právě ve Skupině ÚJV není náhodné. Naše projekty navazují na práci a znalosti tří generací českých jaderných inženýrů a provoz dvou výzkumných jaderných reaktorů. Kromě vědecko-výzkumného potenciálu a významné technologické infrastruktury pro tento vývoj disponujeme neméně důležitými kapacitami pro inženýr-

ské a projektové práce na prototypch reaktorů. Ty zahrnují budoucí licencování, posuzování lokalit pro umístění, stanovení provozních podmínek a technické bezpečnosti konceptů nebo analýzy systémové integrace jaderných zdrojů do elektroenergetiky a teplotnosti. S blížícím se datem realizace pak Skupina ÚJV může nabídnout i generální projektování vlastní výstavby a zajištění řetězců dodavatelů pro tyto investice.

ÚJV Řež je mimo jiné jedním ze zakladatelů projektu Jihočeského jaderného parku. Memorandum o spolupráci, které má urychlit přípravu a zavádění malých modulárních reaktorů v České republice podepsali v květnu 2022 Jihočeský kraj, ČEZ a ÚJV Řež. Pilotní SMR projekt, který má být do roku 2032 vybudován v lokalitě Jaderné elektrárny Temelín zásadně počítá s odbornou podporou specialistů ze Skupiny ÚJV. ČEZ současně hledá další lokality vhodné pro výstavbu malých modulárních reaktorů v České republice a Skupina ÚJV bude hrát významnou roli i v dalších projektech souvisejících s transformací energetiky.

Energy Well



www.energywell.cz

Projekt Energy Well, který od roku 2017 vyvíjí Centrum výzkumu Řež, je prvním ze tří prototypů modulárních reaktorů vznikajících ve Skupině ÚJV a vůbec prvním projektem svého druhu v České republice. Jedná se o návrh malého vysokoteplotního reaktoru s výkonem kolem 20 MWt, chlazeného tekutými solemi.

Energy Well představuje moderní zdroj energie, založený na stavebnicové konstrukci s vysokou pasivní bezpečností a nižšími investičními nároky. Kombinace dlouhé životnosti, snadné transportovatelnosti (všechny tři okruhy – primární, sekundární i terciární lze přepravovat jako oddělené jednotky) a jednoduché konstrukce tohoto reaktoru umožní široký rozsah využití.

Svým výkonem cílí primárně na dodávky čisté a stabilní energie na regionální úrovni. Ať už pro kritickou městskou infrastrukturu, velké výrobní závody či dodávky tepla pro domácnosti. Elektrická energie a teplo produkované takovým reaktorem jsou mimo jiné využitelné například pro čištění/odsolování vody, zajištění dodávek energie pro uzavřené komunity,

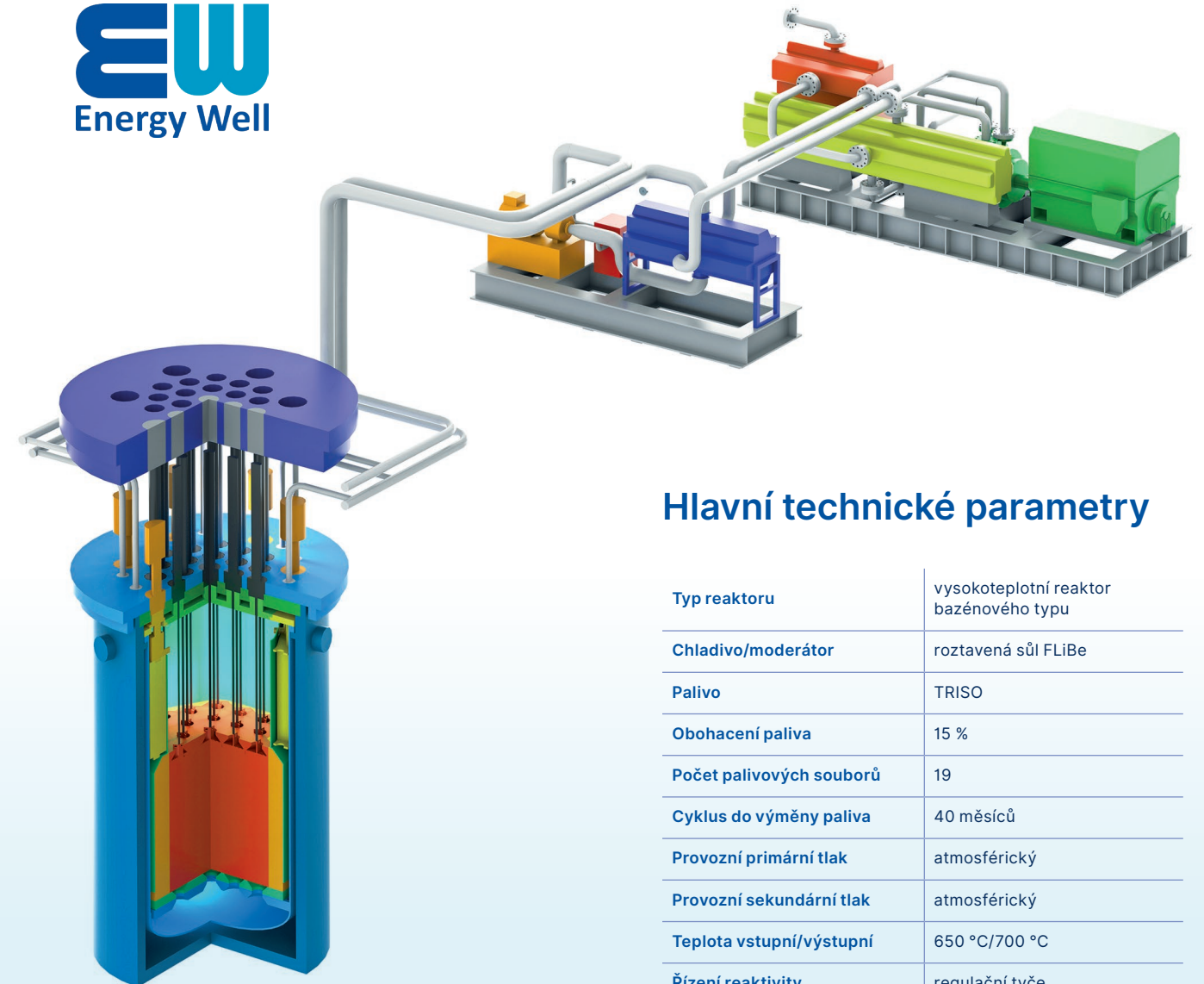
“ Energy Well představuje moderní zdroj energie, založený na stavebnicové konstrukci s vysokou pasivní bezpečností a nižšími investičními nároky. Svým výkonem cílí primárně na dodávky čisté a stabilní energie na regionální úrovni. Ať už pro kritickou městskou infrastrukturu, velké výrobní závody či dodávky tepla pro domácnosti.

odloučené lokality, záložní systémy jiných energetických zdrojů nebo pro bezemisní výrobu vodíku.

Projekt má za sebou ekonomickou studii, která potvrdila jeho komerční potenciál, úspěšnou studii proveditelnosti a v roce 2020 získal i patent od Úřadu průmyslového vlastnictví.

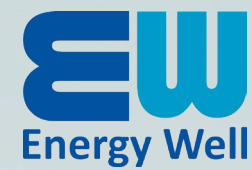
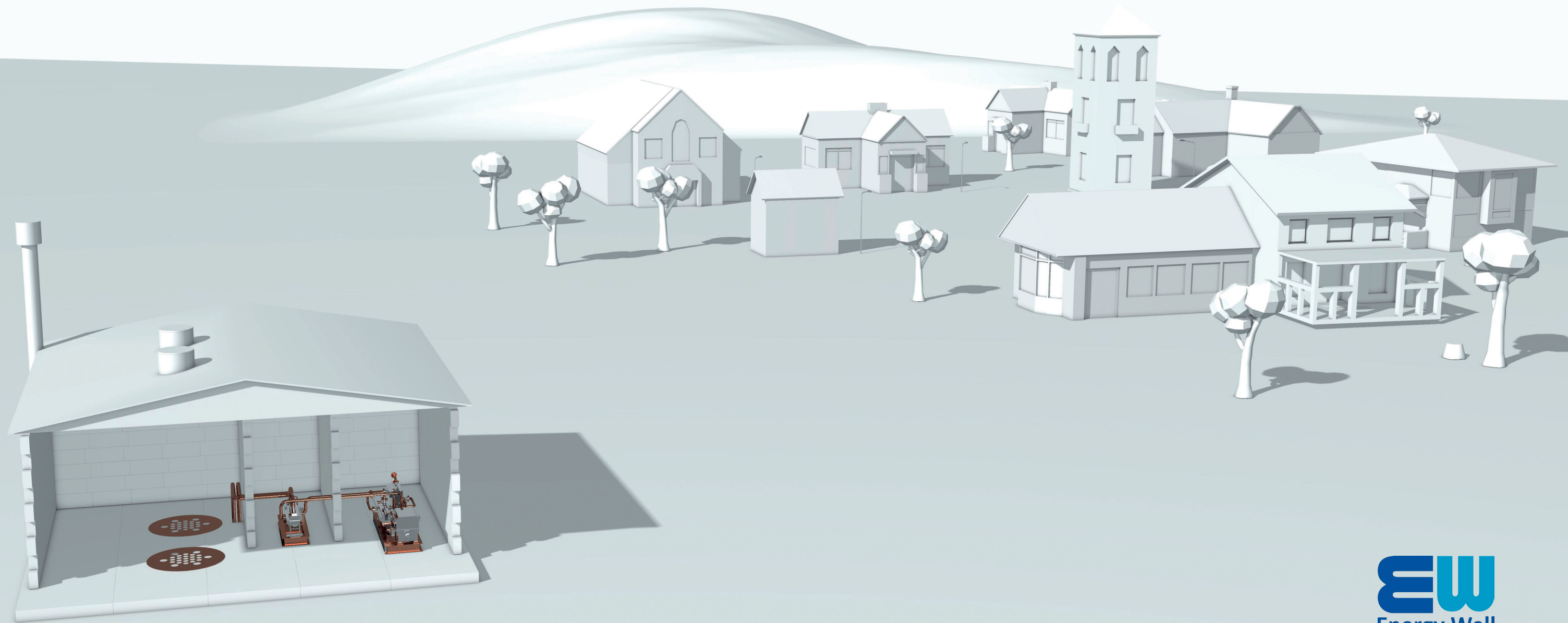
Energy Well v roce 2018 vzbudil velkou mezinárodní pozornost na summitu SMR v americké Atlantě, v roce 2021 byl součástí stále expozice českého pavilonu na světové výstavě EXPO v Dubaji.

EW
Energy Well



Hlavní technické parametry

Typ reaktoru	vysokoteplotní reaktor bazénového typu
Chladivo/moderátor	roztavená sůl FLiBe
Palivo	TRISO
Obohacení paliva	15 %
Počet palivových souborů	19
Cyklus do výměny paliva	40 měsíců
Provozní primární tlak	atmosférický
Provozní sekundární tlak	atmosférický
Teplota vstupní/výstupní	650 °C/700 °C
Řízení reaktivity	regulační tyče
Tepelný výkon	20 MW



HeFASTo



www.hefasto.cz

Reaktor HeFASTo (heliem chlazený rychlý reaktor) představila ÚJV Řež v roce 2021. Spadá do kategorie pokročilých modulárních reaktorů IV. generace. Vysokoteplotní reaktor chlazený heliem, který si v palivu bude štěpný materiál sám generovat, je prvním konceptem svého druhu v Evropě. Výstupní teplota z aktivní zóny dosáhne 900 °C a celkový tepelný výkon zařízení bude 200 MW. Díky uzavřenému palivovému cyklu bude reaktor generovat minimum jaderného odpadu.

Design HeFASTo je založen především na maximální míře modularity a sází na využití moderních materiálů. Vysoká bezpečnost navrženého reaktoru je podpořena celou škálou inovativních pasivních bezpečnostních systémů.

Jedním z významných ekonomických přínosů tohoto rychlého reaktoru je efekt „množení paliva“, kdy jadernými reakcemi během provozu reaktor vygeneruje více štěpného materiálu, než sám spotřebuje.

“**Jedním z významných ekonomických přínosů tohoto rychlého reaktoru je efekt „množení paliva“, kdy jadernými reakcemi během provozu reaktor vygeneruje více štěpného materiálu, než sám spotřebuje.**

HeFASTo cílí zároveň i na aplikaci v chemickém průmyslu a efektivní výrobu vodíku. Jeho zásadní výhodou oproti plynem chlazeným grafitovým reaktorům (které nabízí podobné teploty) je, že generuje minimum jaderného odpadu a umožňuje efektivní uzavření palivového cyklu, včetně využití plutonia z vodou chlazených reaktorů.

S komerčním nasazením reaktoru se počítá hlavně v souvislosti s růstem poptávky po masové výrobě vodíku a také s potřebou zpracování nahromaděného vyhořelého paliva z lehkovodních reaktorů, tedy výhledově po roce 2040. V současné době už probíhá vývoj reaktoru v rámci tzv. předkoncepční fáze, prostor pro vstup strategického investora se očekává po roce 2025.



HeFASTo

Hlavní technické parametry

Typ reaktoru	vysokoteplotní reaktor bazénového typu
Primární chladivo	He
Sekundární chladivo	N ₂ +He
Palivo	UC, případně (U,Pu)C
Obohacení paliva	UC – 19,5 %
Počet palivových souborů	81
Cyklus do výměny paliva	60 měsíců
Provozní primární tlak	7,5 MPa
Provozní sekundární tlak	8 MPa
Teplota vstupní/výstupní	400 °C /900 °C
Řízení reaktivity	regulační tyče
Tepelný výkon	200 MW



CR-100



www.cr100.cz

V roce 2022 představilo Centrum výzkumu Řež projekt malého modulárního reaktoru CR-100 o výkonu 100 MWt. Celé zařízení je koncipováno s důrazem na maximalizaci pasivní bezpečnosti a na převedení známé technologie do výkonově malého a zjednodušeného formátu splňujícího podmínky současné české legislativy.

Dlouholeté zkušenosti českého jaderného průmyslu s projektováním, výrobou, údržbou a provozem tlakovodních reaktorů umožňují vývoj malého reaktoru, jehož výrobu zvládnou tuzemští dodavatelé, pro které to mj. bude znamenat významnou obchodní příležitost. Projekt lze realizovat na základě existujících výpočtových modelů, technických norem a uzpůsobení již existujících a provozovaných systémů a komponent, čímž je možné vstoupit přímo do vývojové fáze projektu bez nutnosti rozsáhlého základního výzkumu.

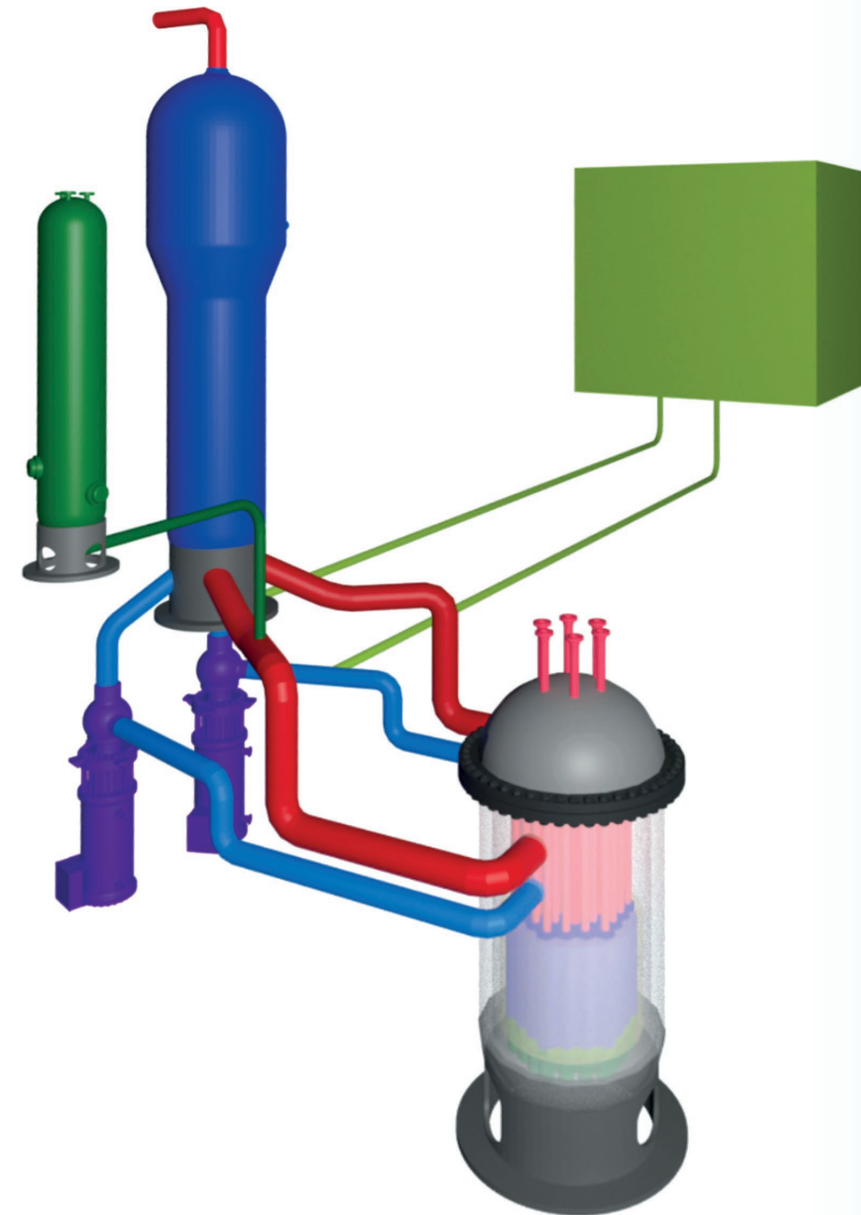
Základním prvkem projektu je tlakovodní reaktor s primárním okruhem s nucenou cirkulací a vertikálním parogenerátorem. Bezpečnostní systémy jsou řešeny jako pasivní nebo jako aktivní se zvýšenou

66 Projekt lze realizovat na základě existujících výpočtových modelů a technických norem, čímž je možné vstoupit přímo do vývojové fáze projektu bez nutnosti rozsáhlého základního výzkumu.

spolehlivostí tak, aby byla dosažena požadovaná spolehlivost a zajištěna jaderná bezpečnost.

Sekundární okruh je klasický Rankinův–Clausiusův tepelný oběh s odběrovou turbínou pro dodávky tepla do systému centrálního zásobování teplem (CZT) umožňující i čistě kondenzační provoz s nulovými dodávkami tepla pro CZT. Terciární okruh bude koncepčně navržen podle vodohospodářských podmínek vybrané lokality ve formě mokrého nebo suchého chlazení. Vyvedení elektrického výkonu bude realizováno do místní distribuční soustavy v dané lokalitě.

Reaktor CR-100 má díky vysoké účinnosti v kogeneračním provozu všechny předpoklady stát se náhradou fosilních zdrojů v CZT a je také vhodný jako zdroj pro výrobu „růžového vodíku“.



Hlavní technické parametry

Typ reaktoru	tlakovodní reaktor
Primární chladivo	H ₂ O
Sekundární chladivo	H ₂ O
Palivo	obohacený uran ve formě oxidu uraničitého (UO ₂)
Obhacení paliva	do 5 %
Počet palivových souborů	37
Cyklus do výměny paliva	60 měsíců
Provozní primární tlak	15,7 MPa
Provozní sekundární tlak	6,3 MPa
Teplota vstupní/výstupní	281 °C /313 °C
Řízení reaktivity	regulační tyče
Tepelný výkon	100 MW



Skupina ÚJV



Aktivity Skupiny ÚJV se synergicky zaměřují na výzkum, vývoj a specializované služby pro energetiku, průmysl a nukleární medicínu v ČR i v zahraničí.

Jednotlivé společnosti disponují rozsáhlou, často unikátní výzkumnou i technologickou infrastrukturou a jsou zapojeny do řady profesionálních platforem na národní i mezinárodní úrovni. Skupina ÚJV zahrnuje mateřskou společnost ÚJV Řež a tři její 100% vlastněné dceřiné obchodní korporace – Centrum výzkumu Řež, Výzkumný a zkušební ústav Plzeň a ŠKODA PRAHA. Díky tomu disponuje rozsáhlými výzkumnými, vývojovými, projekčními a provozními kapacitami. Skupina ÚJV je členem Skupiny ČEZ.



ÚJV Řež poskytuje širokou škálu služeb, zaměřených především na podporu bezpečného a efektivního provozu energetických zdrojů, zejména jaderných, chemii palivového cyklu, komplexní služby při nakládání s radioaktivními i jinými odpady a na projektování, včetně souvisejících inženýrských činností. V oblasti nukleární medicíny se zabývá vývojem, výrobou, distribucí radiofarmak a výstavbou i provozem center pro pozitronovou emisní tomografii (PET).



Výzkumný a zkušební ústav Plzeň je zaměřen na výzkum, vývoj, akreditované zkušebnictví, kalibrace a měření pro průmysl a energetiku. Projekty a zakázky zahrnují diagnostiku a řešení oblasti provozní spolehlivosti a životnosti energetických zařízení a kolejových vozidel, výpočty v oblasti pevnosti, dynamiky, deformační odolnosti a také výzkum, vývoj a průmyslovou aplikaci žárových nástřiků.



Centrum výzkumu Řež je výzkumná organizace, zaměřená na výzkum, vývoj a inovace v oboru energetiky, zejména jaderné. Disponuje unikátní výzkumnou infrastrukturou, která zahrnuje dva výzkumné reaktory LVR-15 a LR-0, soubor experimentálních zařízení (sondy a smyčky) a nově také rozsáhlé technologické zázemí projektu SUSEN (Sustainable Energy), které řadí společnost na špičku aplikovaného výzkumu v oblasti energetických technologií.



ŠKODA PRAHA má dlouholeté zkušenosti s výstavbou energetických celků doložené řadou úspěšných referencí a navazuje na dlouhou tradici vývozu českých energetických celků v roli koordinátora českých výrobců zajišťujících vývoz technologických celků a dílčích zařízení.



 **Skupina ÚJV**
LIDÉ | INOVACE | TECHNOLOGIE

